

博士課程の研究テーマと学際性の壁

管路防災研究所 研究員 西 勇也



〒619-0237
京都府相楽郡精華町光台2-2-5
日本ニューロン株式会社
けいはんなサウスラボ
『管路防災研究所』

お問い合わせ先
info@neuron.ne.jp



博士課程での研究テーマ

2023年10月から2026年9月までの3年間で社会人学生として大学院で博士課程を経験し、無事に博士(工学)の学位を得た。その過程で得られた研究成果について、詳しくはVol. 51「ベローズ修復・終局限界性能の決定法」で述べたとおりである。博士課程を規定の期間内に終えることができた要因として、指導教員と職場環境に恵まれたのはもちろんのこと、研究テーマの学際性も一因であったように思われる。具体的には土木工学の範疇にある地震作用に対し、ベローズの延性破壊や疲労破壊など機械工学の知見により限界性能の決定法を検討した。ここでは水道業界における学際性の壁に着目し、社会的課題と研究アプローチについて述べる。

管路部品の限界性能を決めるのは誰か？

水道の地震対策について定められた水道施設耐震工法指針では、想定される地震作用に対して設計対象の限界性能を照査する性能設計法が用いられている。これは土木工学的な見地のうえに成り立つものである。入力作用としての地震は確率的な現象であり、設計対象は水道システムの一部を取り出した開放系を取り扱う。つまり入力作用もその結果も確率的な変動を含むことから、事象の境界として限界性能を議論する必要がある。

一方で管路を構成する各部品の設計は往々にして機械工学に基づき行われている。この中で入力作用(外力)は一義的に想定された設計仕様として、安全率を含む閉鎖系の強度評価に用いられる。一般に機械工学の分野において、確率的な変動は安全率のうちに処理され、保守的に確立された応力評価法によって機械技術者の興味は専ら設計対象の生産性と経済性に注がれることとなる。つまり設計成果物の強度には加工法や歩留まりの影響が含まれることになり、ここに管路部品設計者自身が設計対象の限界性能を自発的に検証する動機は生じ難い。しかし、管路部品の限界性能は、その形状や材質によって決まるものであり、その決定者は他でもない管路部品設計者である。

このように同じ工学分野ではあるものの、土木工学と機械工学に属する技術者の文化的隔たりは大きい。その影響は水道管路の耐震設計において、指針では限界性能の議論が要求されるが、管路を構成する管路部品の設計においては、多くの場合に明確な限界性能が考慮されていないという不整合を招いている。

研究課題とアプローチ

博士論文ではベローズ型伸縮可撓継手の限界性能と耐震設計法に関する研究を扱った。ベローズの既往設計体系はプラント配管の常時温度伸縮を対象とした疲労設計法であり、水道業界においてもこの設計法が準用されている。この設計法においても先述の例に漏れず、設計疲労曲線が含む安全率によってベローズの限界性能は不明瞭となっている。

この課題に対し、博士課程では地震被害の現地調査と被害形態の分析、地震被害を模擬したベローズ供試体の実大実験、FEMによる実験の再現解析とベローズ供試体の破壊形態分析、実験・解析結果を加味した限界性能決定法の検討というアプローチによって研究を進めた。特に地震被害の現地調査結果から実際に生じる被害規模を把握することで、機械工学的な延性破壊や極低サイクル疲労破壊の検討へ接続した。さらに実験とFEM解析を用いた複雑な塑性挙動の検討から、既往設計式の拡張や幾何形状による限界性能照査式を導くことで、土木技術者・機械技術者の双方が実務的耐震設計法として用いることができる形式を目指した。

このように3年間の研究において土木工学分野と機械工学分野を行き来する研究アプローチによって学際性の壁を一部切り崩す研究成果が得られた。今後、水道業界の各管路部品においても分野横断的な耐震設計法の議論が進むことを期待したい。

